

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
 特開2002-25998
 (P2002-25998A)

(43) 公開日 平成14年1月25日 (2002.1.25)

| (51) Int.Cl. | 識別記号 | F I | キーワード (参考) |
|----------------|------|----------------|-------------|
| H 0 1 L 21/31 | | H 0 1 L 21/31 | C 4 G 0 7 2 |
| C 0 1 B 33/12 | | C 0 1 B 33/12 | Z 4 K 0 3 0 |
| C 2 3 C 16/40 | | C 2 3 C 16/40 | 5 F 0 4 5 |
| H 0 1 L 21/316 | | H 0 1 L 21/316 | X 5 F 0 5 8 |

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2000-211005(P2000-211005)

(22) 出願日 平成12年7月12日 (2000.7.12)

特許法第30条第1項適用申請有り 平成12年3月28日～
 31日 社団法人応用物理学会主催の「2000年 (平成12
 年) 春季第47回応用物理学関係連合講演会」において文
 書をもって発表

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社
 東京都港区芝五丁目7番1号

(71) 出願人 000227294

アネルバ株式会社
 東京都府中市四谷5丁目8番1号

(72) 発明者 湯田 克久

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株
 式会社内

(74) 代理人 100071272

弁理士 後藤 洋介 (外1名)

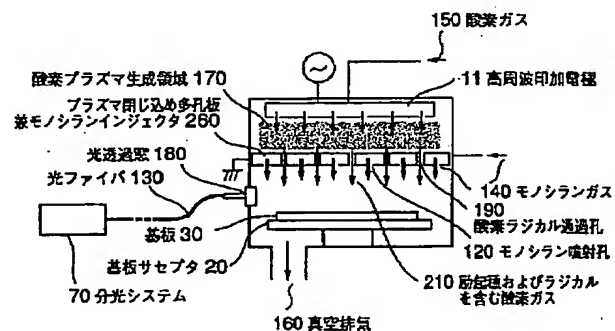
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 酸化シリコン膜の形成方法及びその形成装置

(57) 【要約】

【課題】 気相化学反応を用いるリモートプラズマC V
 D成膜において、励起酸素分子や励起酸素原子といった
 特定種の量を意図的に制御して、高品質の酸化シリコン
 膜を形成する方法を提供する。

【解決手段】 酸素原子を含むガス150のプラズマを
 形成するプラズマ生成領域170と、プラズマ生成領域
 外で被堆積基板30を設置する基板保持機構20を有
 し、かつプラズマ生成領域170と被堆積基板30の間
 でシリコン原子を含むガス140を供給する手段を有す
 るプラズマC V D装置を用いて酸化シリコン膜を形成す
 るプラズマC V D成膜方法において、プラズマ生成領域
 107と被堆積基板30との間の領域の発光分光スペク
 トルを測定したときに、761nm付近の発光ピークの
 面積A (O2)と777nm付近の発光ピークの面積A
 (O)との関係が、 $10 \times A (O2) > A (O)$ の関係
 にある。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 酸素原子を含むガスのプラズマを形成するプラズマ生成領域と、プラズマ生成領域と分離され、かつ基板との間に形成された、シリコン原子を含むガスが供給される成膜領域とを有し、プラズマ CVD 法による気相化学反応を用いて酸化シリコン膜を基板上に堆積する酸化シリコン膜の形成方法において、上記成膜領域には、励起した酸素分子と励起した酸素原子とが存在し、

この励起した酸素分子の量と励起した酸素原子の量を意図的に制御するようにしたことを特徴とする酸化シリコン膜の形成方法。

【請求項 2】 前記意図的制御は、励起酸素原子の量を励起酸素分子の量に対して相対的に減少させるように行われることを特徴とする請求項 1 に記載の酸化シリコン膜の形成方法。

【請求項 3】 前記意図的制御は、前記酸化シリコン膜の成膜条件を変化させることにより行われることを特徴とする請求項 2 に記載の酸化シリコン膜の形成方法。

【請求項 4】 前記酸化シリコン膜の成膜条件の変化は、前記成膜領域の圧力を変化させることにより行われることを特徴とする請求項 3 に記載の酸化シリコン膜の形成方法。

【請求項 5】 前記成膜領域の発光分光スペクトルにおいて、前記励起酸素分子に対して 761 nm 付近の発光ピークを有し、前記励起酸素原子に対して 777 nm 付近の発光ピークを有することを特徴とする請求項 1 に記載の酸化シリコン膜の形成方法。

【請求項 6】 前記励起酸素分子に対する 761 nm 付近の発光ピークの面積 $A(O_2)$ と前記励起酸素原子に対する 777 nm 付近の発光ピークの面積 $A(O)$ との関係が、 $10 \times A(O_2) > A(O)$ の関係を満たすことを特徴とする請求項 5 に記載の酸化シリコン膜の形成方法。

【請求項 7】 酸素原子を含むガスのプラズマを形成するプラズマ生成領域と、プラズマ生成領域と分離されかつ基板との間に形成された成膜領域とを有し、成膜領域内に基板を設置する基板保持機構が設けられ、かつ成膜領域内にシリコン原子を含むガスを供給する供給手段を有し、プラズマ CVD 法を用いて酸化シリコン膜を基板上に形成する酸化シリコン膜の形成装置において、上記成膜領域には、励起した酸素分子と励起した酸素原子とが存在し、

この励起した酸素分子の量と励起した酸素原子の量を意図的に制御する制御手段を有することを特徴とする酸化シリコン膜の形成装置。

【請求項 8】 前記制御手段は、前記成膜領域の発光を分光検知する発光分光測定システムを有することを特徴とする請求項 7 に記載の酸化シリコン膜の形成装置。

【請求項 9】 前記発光分光測定システムは、前記成膜

領域のチャンバ壁に設置された光透過窓を通過してきた光を分光測定することを特徴とする請求項 8 に記載の酸化シリコン膜の形成装置。

【請求項 10】 前記発光分光測定システムにより分光測定された成膜領域の発光スペクトルにおいて、前記励起酸素分子に対して 761 nm 付近の発光ピークを有し、前記励起酸素原子に対して 777 nm 付近の発光ピークを有することを特徴とする請求項 9 に記載の酸化シリコン膜の形成装置。

10 【請求項 11】 前記励起酸素分子に対する 761 nm 付近の発光ピークの面積 $A(O_2)$ と前記励起酸素原子に対する 777 nm 付近の発光ピークの面積 $A(O)$ との関係が、 $10 \times A(O_2) > A(O)$ の関係を満たすように成膜条件を制御することを特徴とする請求項 10 に記載の酸化シリコン膜形成装置。

【請求項 12】 前記成膜条件の制御は、前記成膜領域の圧力を変化させることにより行われることを特徴とする請求項 11 に記載の酸化シリコン膜の形成装置。

【発明の詳細な説明】

20 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、プラズマ CVD 装置を用いた酸化シリコン膜の形成方法及び形成装置に関し、特に、プラズマ生成領域と基板処理（成膜）領域を分離または隔離するプラズマ CVD を用いて、気相化学反応により酸化シリコン膜を形成する酸化シリコン膜の形成方法及び形成装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 プラズマダメージを抑制しながら基板への膜形成を行うプラズマ CVD 装置の 1 つに、プラズマ生成領域と基板処理（成膜）領域を隔離するリモートプラズマ CVD 装置がある。これを用いた CVD 膜の形成は、半導体デバイスプロセスにおいて高信頼性デバイスや高性能デバイスが作製可能な処理プロセスとして重要な技術となっている。

【0003】 大面積フラットパネルディスプレイのスイッチングトランジスタ形成プロセス、駆動回路トランジスタ形成プロセス、および大口径シリコンウエハプロセスなどの大型基板に対応できるリモートプラズマ CVD 装置として、例えば、特開昭 53-91665 号公報に開示された平行平板リモートプラズマ CVD 装置がある。

【0004】 このような平行平板リモートプラズマ CVD 装置は、図 6 に示すように、従来の平行平板プラズマ CVD 装置において、基板 30 の設置される基板サセプタ 20 と高周波印加電極 10 の間に、複数の貫通孔（ラジカル通過孔 50）を有するプラズマ閉じ込め電極 80 を設置し、このプラズマ閉じ込め電極 80 と高周波印加電極 10 との間で第 1 のガス 100 のプラズマ 60 を閉じこめるものである。

50 【0005】 平行平板で発生させた大面積均一なプラズ

マを用いるため、基板処理に必要なラジカルの供給が大面積均一に行えるという特徴を有する。

【0006】さらに、特開昭53-91665号公報では、プラズマ分解しない第2のガス110の供給を電極面に均一に分布した中性ガス噴射孔90から行うため、拡散してきたラジカルとの反応による成膜処理を大面積均一に行えるという特徴も有する。

【0007】例えば、図6に示す平行平板リモートプラズマCVD装置において、基板30上に酸化シリコン膜を形成する例を説明する。

【0008】まず、第1のガス100として酸素ガスをプラズマ生成領域に供給し、高周波印加電極10に高周波電力を印加して酸素プラズマ60を生成する。

【0009】この酸素プラズマ60はプラズマ閉じ込め電極80によって高周波印加電極10との間に閉じ込められているため、ラジカル通過孔50を通して成膜領域へ供給されるのは励起酸素原子、励起酸素分子、酸素原子、酸素分子およびオゾンであり、酸素イオンや電子はほとんど供給されない。

【0010】一方、第2のガス110であるモノシランガスが中空構造であるプラズマ閉じ込め電極80内に供給され、プラズマ閉じ込め電極80の基板側の面に開口された中性ガス噴射孔90からモノシランガスが供給される。

【0011】プラズマ閉じ込め電極80と基板30の間において、励起酸素原子、励起酸素分子、酸素原子、酸素分子およびオゾンとモノシランガスの気相反応が起こり、 SiH_x 、 SiH_xO_y 、 SiO_y などの酸化シリコン前駆体が生成し、これらが基板30上に付着し、さらに基板上成長表面での酸化反応や熱解離などを経て基板30上に酸化シリコン膜が成膜される。

【0012】ラジカル通過孔50および中性ガス噴射孔90が、プラズマ閉じ込め電極80上で面内均一に分布しているため、それぞれの孔から供給されるガスのフラックスの面内分布は均一になりやすい。

【0013】従って、上述の気相反応も基板上空間で面内均一に起こり、酸化シリコン前駆体の基板上面内分布も均一となり、基板30上に形成される酸化シリコン膜の膜質分布も面内均一となる。

【0014】このように、プラズマダメージを抑制しながら基板面内均一性に優れた薄膜を形成することができる平行平板リモートプラズマCVDは、大型ガラス基板上薄膜トランジスタのゲート絶縁膜となる酸化シリコン膜や窒化シリコン膜、同じく大型ガラス基板上薄膜トランジスタの活性層やゲート電極となる非晶質シリコン膜、さらに、大型Si基板上トランジスタ素子の層間絶縁膜となる酸化シリコン膜や窒化シリコン膜などを成膜する方法として有望視されている。

【0015】リモートプラズマCVD技術のもう一つの特徴は、成膜領域でのイオンや電子の存在密度が無視で

きる程度であるため、気相で起こっている反応が比較的単純であり、酸素原子励起種、酸素分子励起種などの反応種や、 SiH_x 、 SiH_xO_y 、 SiO_y といった気相で形成される中間生成種の量を制御できる可能性を有していることである。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】ところが、従来技術では、特定の種に注目、測定して、その量を増減するような制御がなされておらず、種の量の増減を経験的に推測して、圧力、プラズマ励起パワー、ガス流量、ガス組成などのCVD成膜条件を調整する方法がとられていた。

【0017】このように従来技術では、反応種および中間生成種の量制御というリモートプラズマCVD技術の特徴を最大限に活かし、高品質の酸化シリコン膜を形成することができていなかった。

【0018】そこで、本発明は、上記従来技術の問題点に鑑みて成されたものであり、その目的は、気相化学反応を用いるリモートプラズマCVD成膜において、励起酸素分子や励起酸素原子といった特定種の量を意図的に制御して、高品質の酸化シリコン膜を形成することにある。

【0019】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明では、酸素原子を含むガスのプラズマを形成するプラズマ生成領域と、プラズマ生成領域と分離され、かつ基板との間に形成されたシリコン原子を含むガスが供給される成膜領域とを有し、プラズマCVD法による気相化学反応を用いて酸化シリコン膜を基板上に堆積する酸化シリコン膜の形成方法において、上記成膜領域には、励起した酸素分子と励起した酸素原子とが存在し、この励起した酸素分子の量と励起した酸素原子の量を意図的に制御するようにした。

【0020】ここで、前記意図的な制御は、励起酸素原子の量を励起酸素分子の量に対して相対的に減少させるように行われる。

【0021】また、前記意図的な制御は、前記酸化シリコン膜の成膜条件を変化させることにより行われる。

【0022】例えば、前記酸化シリコン膜の成膜条件の変化は、前記成膜領域の圧力を変化させることにより行われる。

【0023】この場合、前記成膜領域の発光分光スペクトルにおいて、前記励起酸素分子に対して761nm付近の発光ピークを有し、前記励起酸素原子に対して777nm付近の発光ピークを有する。

【0024】また、前記励起酸素分子に対する761nm付近の発光ピークの面積 $A(O_2)$ と前記励起酸素原子に対する777nm付近の発光ピークの面積 $A(O)$ との関係が、 $10 \times A(O_2) > A(O)$ の関係を満たすことが好ましい。

【0025】また、本発明では、酸素原子を含むガスの

プラズマを形成するプラズマ生成領域と、プラズマ生成領域と分離されかつ基板との間に形成された成膜領域とを有し、成膜領域内に基板を設置する基板保持機構が設けられ、かつ成膜領域内にシリコン原子を含むガスを供給する供給手段を有し、プラズマCVD法を用いて酸化シリコン膜を基板上に形成する酸化シリコン膜の形成装置において、上記成膜領域には、励起した酸素分子と励起した酸素原子とが存在し、この励起した酸素分子の量と励起した酸素原子の量を意図的に制御する制御手段を有する。

【0026】前記制御手段は、好ましくは、前記成膜領域の発光を分光検知する発光分光測定システムである。

【0027】例えば、前記発光分光測定システムは、前記成膜領域のチャンバ壁に設置された光透過窓を通過してきた光を分光測定する。

【0028】前記発光分光測定システムにより分光測定された成膜領域の発光スペクトルにおいて、前記励起酸素分子に対して761nm付近の発光ピークを有し、前記励起酸素原子に対して777nm付近の発光ピークを有する。

【0029】この場合、前記励起酸素分子に対する761nm付近の発光ピークの面積A(O2)と前記励起酸素原子に対する777nm付近の発光ピークの面積A(O)との関係が、 $10 * A(O2) > A(O)$ の関係を満たすように成膜条件を制御することが望ましい。

【0030】前記成膜条件の制御は、例えば、前記成膜領域の圧力を変化させることにより行われる。

【0031】

【作用】本発明では、酸素原子を含むガスのプラズマを形成するプラズマ生成領域と、プラズマ生成領域外で被堆積基板を設置する基板保持機構を有し、かつプラズマ生成領域と被堆積基板の間にシリコン原子を含むガスを供給する手段を有するプラズマCVD装置を用いて酸化シリコン膜を形成する。

【0032】この場合、プラズマ生成領域と被堆積基板の間に、励起した酸素分子と励起した酸素原子が存在する。励起酸素分子が存在するような状態を作り出すことで、酸素原子や励起酸素原子の量が減少し、過剰な気相反応を抑制して、OHやHSiOといった低減すべき中間生成種を減少させることが可能である。

【0033】OHやHSiOは、酸化シリコン膜中でSi-OHやSi-Hといった欠陥を形成して酸化シリコン膜の電気特性を悪化させるため、これらの中間生成種を減少させることができれば、形成される酸化シリコン膜の電気特性は向上する。

【0034】また、本発明では、プラズマ生成領域と被堆積基板の間の領域の発光分光スペクトルに、761nm付近の発光ピークと777nm付近の発光ピークを有する。

【0035】761nm付近の発光ピークは励起酸素分

子に起因したピークであり、このピークが存在するということは、プラズマ生成領域と被堆積基板の間に励起酸素分子が存在することを示している。

【0036】前述したように、励起酸素分子が存在するような状態であれば、酸素原子や励起酸素原子の量が減少し、過剰な気相反応を抑制して、OHやHSiOといった低減すべき中間生成種を減少させることが可能である。

【0037】さらに、761nm付近の発光ピークの面積A(O2)と777nm付近の発光ピークの面積A(O)との関係が、 $10 * A(O2) > A(O)$ の関係を満たす程度に励起酸素原子量を低減することで、十分にOHやHSiOといった低減すべき中間生成種を減少させることができる。

【0038】また、本発明では、酸素原子を含むガスのプラズマを形成するプラズマ生成領域と、プラズマ生成領域外で被堆積基板を設置する基板保持機構を有し、かつプラズマ生成領域と被堆積基板の間にシリコン原子を含むガスを供給する手段を有するプラズマCVD装置構成において、プラズマ生成領域と被堆積基板の間の領域の発光を分光検知する発光分光測定システムを有する。

【0039】そして、この発光分光測定システムがCVD装置を制御するシステムとシステム接続されており、発光分光スペクトルにおける761nm付近の発光ピークの面積A(O2)と777nm付近の発光ピークの面積A(O)との関係が、 $10 * A(O2) > A(O)$ の関係になるように、CVD装置制御システムがCVD成膜条件を制御するようにしている。

【0040】前述したように、 $10 * A(O2) > A(O)$ の関係を満たす程度に励起酸素原子量を低減することで、十分にOHやHSiOといった低減すべき中間生成種を減少させることができる。

【0041】そして、発光分光測定システムとCVD装置制御システムを連動させることで、リアルタイムに分光測定結果をCVD条件に反映させて、 $10 * A(O2) > A(O)$ の関係を満たすCVD成膜を行うことができる。

【0042】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態を、図を参照しながら説明する。

【0043】本発明の実施の形態を酸素とモノシランの反応を用いるリモートプラズマCVDによる酸化シリコン膜の形成を例にとり、図1から図5を参照して詳細に説明する。

【0044】本実施の形態におけるリモートプラズマCVD装置は、基本的には図1に示すように、真空排気可能な真空チャンバ、高周波印加電極11、酸素プラズマ生成領域170、基板30の設置される基板サセプタ20、酸素ラジカル通過孔(貫通孔)190とモノシラン噴射孔120を有して電氣的に接地されたプラズマ閉じ

込め多孔板兼モノシランインジェクタ260によって構成されている。

【0045】本装置では、酸素プラズマ生成領域170と基板30の位置する成膜領域が、接地されたプラズマ閉じ込め多孔板兼モノシランインジェクタ260によって分離されている。さらに、酸素ラジカル通過孔（貫通孔）190の孔径がプラズマのデバイ長程度となっているため、プラズマ生成領域で生成したイオンや電子は成膜領域にはほとんど侵入できず、基板30付近でのイオンや電子の密度は無視できる程度である。

【0046】図2にプラズマ閉じ込め多孔板兼モノシランインジェクタ260の断面図を、図3にプラズマ閉じ込め多孔板兼モノシランインジェクタ260の平面図を示す。

【0047】プラズマ閉じ込め多孔板兼モノシランインジェクタ260は、プラズマ閉じ込め多孔板上部板310と、プラズマ閉じ込め多孔板下部板320で挟まれた中空部360を有しており、酸素プラズマ生成領域170で生成した酸素原子、励起酸素原子、励起酸素分子、酸素分子およびオゾンを経基板側へ通過させるための酸素ラジカル通過孔（貫通孔）190と、モノシランを経基板側へ噴射するためのモノシラン噴射孔120が面内に多数開口されている。

【0048】孔の分布は、図3に示すような面内均一な開口方法だけでなく、中心部の開口率が高い分布や周辺部の開口率が高い分布など、どのような分布でも良い。

【0049】図2に示すように、酸素ラジカル通過孔（貫通孔）190とモノシラン噴射孔120は独立しており、励起種およびラジカルを含む酸素ガス210とモノシランガス140がプラズマ閉じ込め多孔板兼モノシランインジェクタ260の中空部360で混じり合うことはない。

【0050】また、モノシランは中空部360で面内均一化されるが、より均一なモノシランの供給を行うためには、プラズマ閉じ込め多孔板兼モノシランインジェクタ260の中空部360内に、モノシランガス104を均一化するための拡散板を設ければよい。

【0051】本発明の特徴の一つである発光分光測定を行うための構成は、図1に示すように、プラズマ閉じ込め多孔板兼モノシランインジェクタ260と基板30との間の成膜領域のチャンバ壁に設置された光透過窓180、光透過窓180を通った光を分光システム70に送光するための光ファイバ130、送光された光を分光測定する分光システム70から成る。

【0052】前記成膜領域での発光はプラズマ生成領域に比べて微弱であるため、分光システム70の光ディテクタは電子冷却CCDなどの高感度ディテクタを用いるのがよく、また露光時間を長くする必要があるため、マルチチャンネルで各波長を同時測定できるものがよい。

【0053】次に、酸化シリコン膜の形成方法を以下に

説明する。

【0054】真空排気されたCVDチャンバー内に、1SLMの流量で酸素ガス150を導入し、基板30付近の圧力が27Paになるように排気能力を制御する。

【0055】孔径の細い酸素ラジカル通過孔（貫通孔）190を有するプラズマ閉じ込め多孔板兼モノシランインジェクタ260を用いた結果、プラズマ閉じ込め多孔板兼モノシランインジェクタ260を境にプラズマ生成領域側の圧力は58Paとなっており、基板30の位置する成膜領域の2倍程度の圧力となっている。

【0056】次に、高周波印加電極11に、60MHzの励起周波数で高周波電力を印加して酸素プラズマを形成する。酸素プラズマ生成領域170は基板30から離れた距離にあり、かつ開口径の小さい酸素ラジカル通過孔（貫通孔）190を有するプラズマ閉じ込め多孔板兼モノシランインジェクタ260が基板30と酸素プラズマ生成領域170の間に位置している。

【0057】このため、酸素プラズマ生成領域170中でのプラズマ密度が $10^8 \sim 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ 程度であるのに対し、プラズマ閉じ込め多孔板兼モノシランインジェクタ260と基板30の間の領域のプラズマ密度は 10^4 cm^{-3} 以下となっている。

【0058】すなわち、酸素プラズマ生成領域170中では電子、酸素原子イオン、酸素分子イオン、酸素原子、励起酸素原子、励起酸素分子、酸素分子およびオゾンなどが存在するが、プラズマ閉じ込め多孔板兼モノシランインジェクタ260と基板30の間の領域に達する電子およびイオンの量は無視できる程度であることを示している。

【0059】成膜領域に噴射されるモノシランガス140と反応して酸化シリコン膜成膜に寄与するのは、酸素原子、励起酸素原子、励起酸素分子、酸素分子およびオゾンである。これらの励起種およびラジカルを含む酸素ガス210は酸素ラジカル通過孔（貫通孔）190を通過して成膜領域に拡散し、モノシラン噴射孔120から流量10SCCMで噴射されたモノシラン140と反応して SiO_x 、 SiO_xHy 、 SiHy などの酸化シリコン前駆体を形成し、基板30上に酸化シリコン膜を形成する。

【0060】前述したように、多孔板兼モノシランインジェクタ260と基板30の間のプラズマ密度は非常に低くなっているため、通常の平行平板プラズマCVDに比べて基板30へのプラズマダメージは非常に低くなっている。

【0061】この効果は、基板表面がMOS界面を形成するシリコン表面の場合には顕著に現れ、通常の平行平板プラズマCVDで単結晶シリコン基板上に酸化シリコン膜を形成した場合にそのMOS界面単位密度がミッドギャップ付近で $10^{11} \sim 10^{12} \text{ cm}^{-2} \text{ eV}^{-1}$ であるのに対し、本リモートプラズマCVDで酸化シリコ

10

20

30

40

50

ン膜を形成した場合には $10^{10} \text{ cm}^{-2} \text{ eV}^{-1}$ 台の低界面準位密度となる。

【0062】ここで、前述の酸化シリコン膜形成時に、プラズマ閉じ込め多孔板兼モノシランインジェクタ260と基板30の間の成膜領域の発光分光スペクトルを測定した例を図4に示す。

【0063】761nm付近の発光ピークは励起酸素分子に帰属し、777nm付近の発光ピークは励起酸素原子に帰属する。

【0064】通常、励起周波数として用いられる13.56MHzでは、この励起酸素分子は観測されないことが多いが、本例で用いた60MHz励起では励起酸素分子が観測されており、超高周波励起の特徴であると考えられる。

【0065】なお、ECRプラズマを含むマイクロ波励起プラズマを用いた場合にも、励起酸素分子が観測されることが知られており、酸素励起分子を成膜領域に存在させるためには、60MHz、27MHzなどの超高周波励起やマイクロ波励起が有効である。

【0066】このように励起酸素分子が存在する場合には、励起酸素原子が励起酸素分子形成に寄与して酸素原子になる場合が多く、励起酸素原子の存在密度は低くなる。

【0067】励起酸素分子-SiH_x間の反応速度と励起酸素原子-SiH_x間の反応速度では、前者が1桁以上小さいため、励起酸素分子の存在する成膜領域での気相反応は抑制され、特に、OHやHSiOといった低減すべき中間生成種を減少させることができる。

【0068】OHやHSiOは、酸化シリコン膜中でSi-OHやSi-Hといった欠陥を形成して酸化シリコン膜の電気特性を悪化させるため、これらの中間生成種を減少させることができれば、形成される酸化シリコン膜の電気特性は向上する。

【0069】さらに、761nm付近の発光ピークの面積A(O₂)と777nm付近の発光ピークの面積A(O)との関係が、 $10 \times A(O_2) > A(O)$ の関係を満たす程度に励起酸素原子量を低減することで、十分にOHやHSiOといった低減すべき中間生成種を減少させることができる。

【0070】図5に酸素分子励起種発光ピーク面積A(O₂)と酸素原子励起種発光ピーク面積A(O)とを成膜領域の圧力に対してプロットしたものを示す。

【0071】成膜例としてあげた27Paの時には、 $10 \times A(O_2) / A(O)$ の比は22程度となっており、 $10 \times A(O_2) > A(O)$ の関係を十分に満たしている。

【0072】この比を上げることは成膜条件変化で可能であり、例えば成膜領域の圧力を上げることで図5に示すように励起酸素分子の量を増大させ、励起酸素原子の量を減少させることが出来る。

【0073】図5に示す例では、成膜領域圧力が40Paのとき、 $10 \times A(O_2) / A(O)$ の比は55程度であり、成膜領域圧力が53Paのとき、 $10 \times A(O_2) / A(O)$ の比は127程度である。

【0074】このように励起酸素原子および励起酸素分子の量が成膜領域圧力に対して敏感であることから、プラズマ閉じ込め多孔板兼モノシランインジェクタ260と基板30間の領域の発光を分光検知する発光分光測定システムと、CVD装置を制御するシステムをシステム接続し、 $10 \times A(O_2) > A(O)$ の範囲になるように、CVD装置制御システムが成膜領域圧力をコントロールする方法をとれば、確実に気相反応抑制を行うことができる。

【0075】また、図5のような関係が予め分かっているれば、成膜時間中に徐々に励起酸素分子量と励起酸素原子量の比を変化させることも可能である。

【0076】また、成膜領域圧力以外にも、高周波パワー、ガス流量、ガス組成なども励起酸素分子量および励起酸素原子量に影響を及ぼすため、 $10 \times A(O_2) > A(O)$ の範囲になるように、すべてのCVD成膜条件を制御してもよい。

【0077】以上の実施の形態において、プラズマ閉じ込め電極として、プラズマ閉じ込め多孔板兼モノシランインジェクタ260の例で説明したが、シランインジェクタの機能を有しないプラズマ閉じ込め電極を使用しても良い。

【0078】また、モノシランの供給方法として、面型の多孔板兼モノシランインジェクタの例で説明したが、リング状モノシランインジェクタ、棒状インジェクタ、格子状インジェクタ、直線状インジェクタなど、どのような形状のものであっても良い。

【0079】また、以上の実施の形態においては、モノシランと酸素を用いた酸化シリコン膜形成を例にあげて本発明の説明を行ったが、モノシランのかわりにジシランなどの高次シランやTEOS(Tetraethoxysilane)などの液体Si原料などを使用しても良く、酸素のかわりに亜酸化窒素、酸化窒素などを用いても良い。

【0080】さらに、以上の実施の形態においては、平行平板リモートプラズマCVD装置を用いた例を挙げたが、本発明は、プラズマ生成領域と基板処理(成膜)領域が、空間的に隔離または分離されているプラズマCVD装置であれば、マイクロ波プラズマ、電子サイクロロン共鳴プラズマ、誘導結合プラズマ、ヘリコン波プラズマを用いたプラズマCVD装置など、どのような形態の装置であっても適用可能である。

【0081】

【発明の効果】本発明では、気相化学反応を用いて酸化シリコン成膜を行うリモートプラズマCVDにおいて、励起酸素分子量と励起酸素原子量を制御することがで

き、過剰な気相反応を抑制して、高品質の酸化シリコン膜を形成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態によるリモートプラズマCVD装置の側面概略図である。

【図2】本発明の実施の形態によるプラズマ閉じ込め多孔板兼モノシランインジェクタの断面概略図である。

【図3】本発明の実施の形態によるプラズマ閉じ込め多孔板兼モノシランインジェクタの平面概略図である。

【図4】本発明の実施の形態による成膜領域の発光分光スペクトルの例である。

【図5】本発明の実施の形態による成膜領域発光スペクトルのピーク面積強度の圧力依存性を示した図である。

【図6】従来例における平行平板リモートプラズマCVD装置の側面概略図である。

【符号の説明】

11 高周波印加電極

*

* 20 基板サセプタ

30 基板

70 分光システム

120 モノシラン噴射孔

130 光ファイバ

140 モノシランガス

150 酸素ガス

160 真空排気

170 酸素プラズマ生成領域

180 光透過窓

190 酸素ラジカル通過孔（貫通孔）

210 励起種およびラジカルを含む酸素ガス

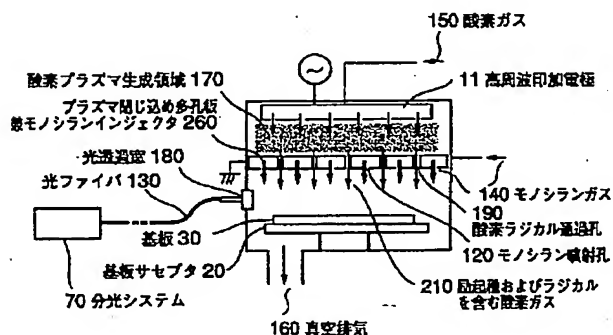
260 プラズマ閉じ込め多孔板兼モノシランインジェクタ

310 プラズマ閉じ込め多孔板上部板

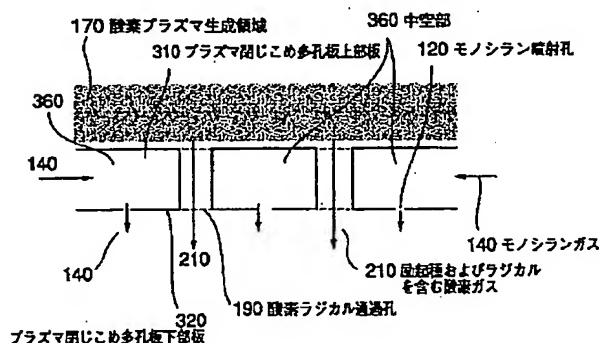
320 プラズマ閉じ込め多孔板下部板

360 中空部

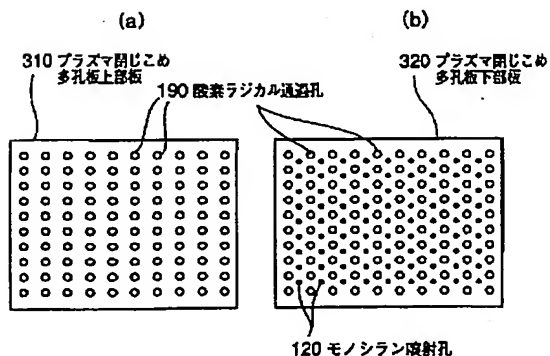
【図1】



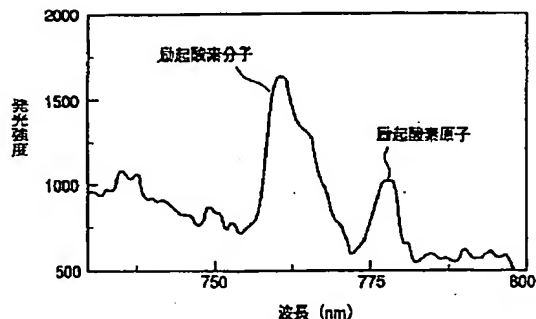
【図2】



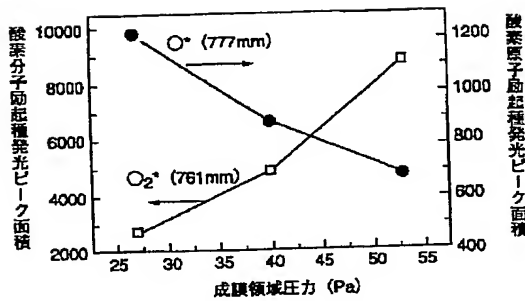
【図3】



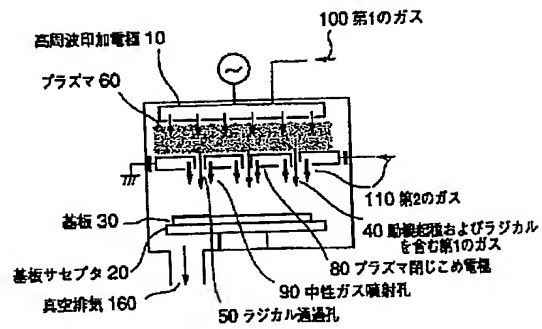
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 徐 炯
東京都府中市四谷五丁目8番1号 アネル
バ株式会社内

F ターム(参考) 4G072 AA25 BB09 HH03 HH04 HH30
JJ03 JJ34 NN13 RR11 UU01
4K030 AA06 AA14 BA44 EA06 FA03
HA16 JA06 KA39 LA18
5F045 AA08 AA09 AA10 AB32 AC01
AC11 AE19 AF03 AF07 BB16
EC03 EF01 EF05 EH11 EH13
EH18 EH19 GB06 GB08
5F058 BA20 BC02 BF07 BF08 BF09
BF23 BF29 BG01 BG02 BG10
BJ01